

Shigeki NAGASE  
Jordan and Hamburg UP  
212-186-2340  
F-8202

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 4月 2日

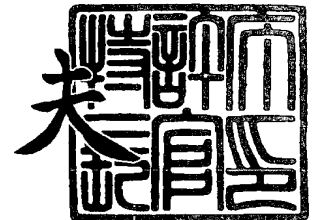
出願番号  
Application Number: 特願2003-099488  
[ST. 10/C]: [JP 2003-099488]

出願人  
Applicant(s): 光洋精工株式会社

2004年 3月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3017554



【書類名】 特許願

【整理番号】 105075

【提出日】 平成15年 4月 2日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 3/10

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号光洋精工株式会社  
                        会社内

    【氏名】 長瀬 茂樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000001247

    【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

    【代表者】 ▲吉▼田 紘司

【代理人】

    【識別番号】 100095429

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 根本 進

    【電話番号】 06(6949)0035

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 004916

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9810773

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 トルクセンサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 シャフトと、

前記第 1 シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第 2 シャフトと、

前記第 1 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第 1 交番信号を出力する第 1 交番信号出力手段と、

前記第 2 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第 2 交番信号を出力する第 2 交番信号出力手段と、

前記第 1 交番信号と前記第 2 交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部と、

前記第 1 交番信号の波形歪みに応じて変化する第 1 歪み指標値を求める手段と、

前記第 2 交番信号の波形歪みに応じて変化する第 2 歪み指標値を求める手段と、

前記位相差対応信号から求められる前記第 1、第 2 シャフトによる伝達トルクに対応する値を、前記第 1 歪み指標値と前記第 2 歪み指標値との差に対応する値に基づき補正する手段とを備えることを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 2】 前記第 1 交番信号の値が零になる時点から、前記第 1 交番信号の積分値が零になる時点までの時間が前記第 1 歪み指標値として求められ、

前記第 2 交番信号の値が零になる時点から、前記第 2 交番信号の積分値が零になる時点までの時間が前記第 2 歪み指標値として求められる請求項 1 に記載のトルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出するのに用いられるトルクセンサに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

第 1 シャフトと、この第 1 シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第 2 シャフ



トと、第1シャフトの回転角を検出する第1レゾルバと、第2シャフトの回転角を検出する第2レゾルバとを備えるトルクセンサが知られている。その第1レゾルバによる第1シャフトの検出回転角と第2レゾルバによる第2シャフトの検出回転角との差から両シャフトによる伝達トルクが求められる。

#### 【0003】

#### 【特許文献1】

特開2002-350181号公報

#### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

レゾルバにより検出するシャフト回転角を $\theta$ 、 $\omega$ を励磁信号の角周波数、 $t$ を時間、 $KE$ を係数とした場合、レゾルバの回転子巻線に $\sin(\omega t)$ に比例する励磁信号を入力した時、2相の固定子巻線から $\sin\theta$ に比例する振幅を有する $KE \sin(\omega t) \sin\theta$ で表される信号と、 $\cos\theta$ に比例する振幅を有する $KE \sin(\omega t) \cos\theta$ で表される信号とが出力される。よって、 $\tan^{-1}(\sin\theta / \cos\theta)$ の演算をコンピュータにより行うことで回転角 $\theta$ を求めることができる。

#### 【0005】

しかし、コンピュータによりレゾルバ等の検出器からの信号の出力値を直接に取り込む際の分解能には限界があるため、トルクセンサの分解能が制限され、また、分解能が高くなる程に信号処理のための負荷が大きくなる。また、その出力値は回転角 $\theta$ に対して非線形に変化するため、トルク検出精度の向上が阻害される。さらに、レゾルバ等による回転角の検出値には必ず誤差があり、その誤差の値には個体差がある。そのため、第1シャフトの検出回転角と第2シャフトの検出回転角との差から両シャフトによる伝達トルクを求める場合、両検出誤差の差がトルク検出誤差となってトルク検出精度が低下する。

本発明は上記課題を解決することのできるトルクセンサを提供することを目的とする。

#### 【0006】

#### 【課題を解決するための手段】



本発明のトルクセンサは、第1シャフトと、前記第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、前記第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第1交番信号を出力する第1交番信号出力手段と、前記第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第2交番信号を出力する第2交番信号出力手段と、前記第1交番信号と前記第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部と、前記第1交番信号の波形歪みに応じて変化する第1歪み指標値を求める手段と、前記第2交番信号の波形歪みに応じて変化する第2歪み指標値を求める手段と、前記位相差対応信号から求められる前記第1、第2シャフトによる伝達トルクに対応する値を、前記第1歪み指標値と前記第2歪み指標値との差に対応する値に基づき補正する手段とを備える。

#### 【0007】

本発明によれば、第1交番信号の位相変化は第1シャフトの回転角変化に対応し、第2交番信号の位相変化は第2シャフトの回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は第1シャフトと第2シャフトの回転角差に対応する。位相差対応信号は、その回転角差の変化に応じて波形が変化するようになるので、第1、第2シャフトによる伝達トルクに対応する信号として用いることができる。すなわち、第1シャフトの回転角と第2シャフトの回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直接的に求めることができる。よって、トルクを求めるために従来のようにコンピュータを用いて検出器からの信号の出力値を直接個別に取り込む必要がなく、信号処理のための負荷を低減でき、非線形な要素をなくすことができる。

#### 【0008】

さらに、本発明のトルクセンサにおいては、第1交番信号における位相変化が誤差により第1シャフトの回転角変化に正確に対応せず、また、第2交番信号における位相変化が誤差により第2シャフトの回転角変化に正確に対応しなくても、両誤差の差の影響を受けることなく両シャフトによる伝達トルクに対応する値を求めることができる。すなわち、第1交番信号における位相変化に誤差を生じた場合、その誤差は第1交番信号の波形の歪みとなって表れ、また、第2交番信号

における位相変化に誤差を生じた場合、その誤差は第2交番信号の波形の歪みとなって表れる。よって、第1交番信号の波形歪みに応じて変化する第1歪み指標値と第2交番信号の波形歪みに応じて変化する第2歪み指標値との差は、第1交番信号における位相変化の誤差と第2交番信号における位相変化の誤差との差に対応する。それゆえ、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差に対応する位相差対応信号から求められる伝達トルクに対応する値を、第1歪み指標値と第2歪み指標値との差に対応する値に基づき補正することで、両誤差の差の影響を打ち消すことができる。

#### 【0009】

本発明のトルクセンサにおいては、前記第1交番信号の出力値が零になる時点から、前記第1交番信号の積分値が零になる時点までの時間が前記第1歪み指標値として求められ、前記第2交番信号の出力値が零になる時点から、前記第2交番信号の積分値が零になる時点までの時間が前記第2歪み指標値として求められるのが好ましい。

各交番信号に波形歪みを生じた場合、各交番信号の値が零になる時点から極大値になる時点までの時間は、波形歪みのない場合から変化するので歪みの程度を表す指標になる。また、正弦波形状を有する各交番信号の値が零になる時点から極大値になる時点までの時間は、その値が零になる時点からその積分値に対応する余弦波の値が零になる時点までの時間に対応する。よって、交番信号の極大値を検出することなく、第1歪み指標値と第2歪み指標値を汎用部品を用いて容易に求めることができる。

#### 【0010】

その第1交番信号出力手段は第1検出器と第1信号処理部を備え、その第1検出器は、 $KE$ を係数、 $\omega$ を励磁信号の角周波数、 $t$ を時間、 $\theta$ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表される第1正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される第1余弦振幅信号を出力し、その第1信号処理部は、その第1正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第1位相シフト信号とする第1位相シフト回路と、その第1位相シフト信号と第1余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin$  (

$\omega t + \theta$ ) で表される前記第 1 交番信号とする第 1 加算回路を有し、その第 2 交番信号出力手段は第 2 検出器と第 2 信号処理部を備え、その第 2 検出器は、 $KE$  を係数、 $\omega$  を励磁信号の角周波数、 $t$  を時間、 $\theta + \Delta\theta$  を第 2 シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta\theta)$  で表される第 2 正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta\theta)$  で表される第 2 余弦振幅信号を出力し、その第 2 信号処理部は、その第 2 正弦振幅信号を  $\pi/2$  位相シフトすることで  $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta\theta)$  で表される第 2 位相シフト信号とする第 2 位相シフト回路と、その第 2 位相シフト信号と第 2 余弦振幅信号とを加算することで  $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$  で表される前記第 2 交番信号とする第 2 加算回路を有するのが好ましい。

これにより、第 1、第 2 検出器に正弦波信号を入力することで、第 1、第 2 シャフトの回転角の変化に対応して位相が変化する第 1、第 2 交番信号を、レゾルバ等の検出器、位相シフト回路、加算回路という汎用部品を用いて出力することができる。

#### 【0011】

その第 1 交番信号出力手段は、 $KE$  を係数、 $\omega$  を励磁信号の角周波数、 $t$  を時間、 $\theta$  を第 1 シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta)$  で表される前記第 1 交番信号を出力する第 1 検出器を備え、その第 2 交番信号出力手段は、 $KE$  を係数、 $\omega$  を励磁信号の角周波数、 $t$  を時間、 $\theta + \Delta\theta$  を第 2 シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$  で表される前記第 2 交番信号を出力する第 2 検出器を備えるのが好ましい。

これにより、第 1、第 2 検出器に正弦波信号と余弦波信号を入力することで、第 1、第 2 シャフトの回転角の変化に対応して位相が変化する第 1、第 2 交番信号を、汎用部品であるレゾルバ等の検出器を用いて出力することができる。

#### 【0012】

前記第 1、第 2 シャフトによる伝達トルクが零の時に前記第 1 交番信号と第 2 交番信号との間の位相差が  $\pi/2$  になるように、前記第 1 検出器と第 2 検出器は相対配置され、前記出力信号処理部は、前記第 1 交番信号を第 1 ロジック信号に変換する第 1 ロジック信号変換回路と、前記第 2 交番信号を第 2 ロジック信号に変

換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成する回路という汎用部品を用いて出力することができる。

#### 【0013】

前記出力信号処理部は、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出回路と、その第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一つが立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成する例えばSRフリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

図1に示す本実施形態のトルクセンサ1は、電動パワーステアリング装置のステアリングシャフトにより伝達されるトルクを検出するために用いられ、そのステアリングシャフトを構成する筒状第1シャフト3と筒状第2シャフト4を有する。第1シャフト3に連結される図外ステアリングホイールの回転が、第2シャフ



ト 4 に連結される図外ステアリングギヤを介して車輪に伝達されることで、車両の舵角が変化する。

#### 【0015】

第 1 シャフト 3 と第 2 シャフト 4 にトーションバー（弾性部材） 5 が挿入されている。トーションバー 5 の一端は第 1 シャフト 3 に他端は第 2 シャフト 4 にそれぞれピンやセレーション等により連結され、これにより第 1 シャフト 3 と第 2 シャフト 4 は互いに対して同軸中心に弾性的に相対回転可能である。第 1 シャフト 3 はベアリング 6 を介してセンサハウジング 7 により支持され、第 2 シャフト 4 はセンサハウジング 7 に圧入された環状のレゾルバ押さえ 9 によりベアリング 8 を介して支持されている。センサハウジング 7 により第 1 レゾルバ（第 1 検出器） 21 と第 2 レゾルバ（第 2 検出器） 22 が覆われている。

#### 【0016】

第 1 レゾルバ 21 は、第 1 シャフト 3 の外周に同行回転するように嵌め合わされる第 1 レゾルバロータ 21a と、第 1 レゾルバロータ 21a を覆う環状の第 1 レゾルバステータ 21b を有する。本実施形態では第 1 レゾルバロータ 21a に第 1 シャフト 3 が圧入されることで、第 1 レゾルバロータ 21a と第 1 シャフト 3 は同行回転する。第 2 レゾルバ 22 は、第 2 シャフト 4 の外周に同行回転するように嵌め合わされる第 2 レゾルバロータ 22a と、第 2 レゾルバロータ 22a を覆う環状の第 2 レゾルバステータ 22b とを有する。本実施形態では第 2 レゾルバロータ 22a に第 2 シャフト 4 が圧入されることで、第 2 レゾルバロータ 22a と第 2 シャフト 4 は同行回転する。第 1 レゾルバステータ 21b と第 2 レゾルバステータ 22b との間に筒状のスペーサ 23 が配置されている。

#### 【0017】

第 1 レゾルバステータ 21b と第 2 レゾルバステータ 22b とスペーサ 23 は、センサハウジング 7 の内周に第 1、第 2 シャフト 3、4 の径方向のクリアランスを介してシャフト軸方向から嵌め合わされる。両レゾルバステータ 21b、22b とスペーサ 23 は、レゾルバ押さえ 9 とセンサハウジング 7 の内周に形成された段差 7a との間に挟み込まれることでセンサハウジング 7 に固定されている。スペーサ 23 の内周から内方に延びる環状の磁気遮蔽部 24 が、磁気遮蔽材によ

りスペーサ 23 と一体的に成形されている。磁気遮蔽部 24 により第 1 レゾルバ 21 と第 2 レゾルバ 22 との間の磁気遮蔽がなされる。

【0018】

第 1 レゾルバ 21 は、第 1 レゾルバロータ 21a に設けられた捲線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第 1 レゾルバステータ 21b に設けられた 2 相の捲線（図示省略）から第 1 正弦振幅信号と第 1 余弦振幅信号を出力する。すなわち、励磁信号を  $E \sin(\omega t)$ 、 $\theta$  を第 1 シャフト 3 の回転角とすると、第 1 正弦振幅信号は  $\sin \theta$  に比例する振幅を有し、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$  で表される。図 2 の (1) は第 1 シャフト 3 が一定角速度で回転する時の  $\theta$  の変化に対する  $\sin \theta$  と  $KE \sin(\omega t) \sin \theta$  の変化を示す。また、第 1 余弦振幅信号は  $\cos \theta$  に比例する振幅を有し、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$  で表される。図 2 の (2) は第 1 シャフト 3 が一定角速度で回転する時の  $\theta$  の変化に対する  $\cos \theta$  と  $KE \sin(\omega t) \cos \theta$  の変化を示す。なお、 $E$  は信号振幅、 $K$  は変圧率、 $\omega$  は励磁角周波数、 $t$  は時間である。

【0019】

第 2 レゾルバ 22 は、第 2 レゾルバロータ 22a に設けられた捲線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第 2 レゾルバステータ 22b に設けられた 2 相の捲線（図示省略）から第 2 正弦振幅信号と第 2 余弦振幅信号を出力する。励磁信号を  $E \sin(\omega t)$ 、 $\theta + \Delta \theta$  を第 2 シャフト 4 の回転角とすると、第 2 正弦振幅信号は  $\sin(\theta + \Delta \theta)$  に比例する振幅を有し、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$  で表され、第 2 余弦振幅信号は  $\cos(\theta + \Delta \theta)$  に比例する振幅を有し、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$  で表される。

【0020】

両レゾルバ 21、22 の出力信号は信号ケーブル 25 を介して、センサハウジング 7 の外部に設けられる図 3 に示す制御装置 20 に入力される。制御装置 20 は第 1 信号処理部 26 と第 2 信号処理部 27 と出力信号処理部 28 と波形歪み検出部 29 とを有する。

【0021】

第 1 信号処理部 26 は、第 1 位相シフト回路 26a と第 1 加算回路 26b を有す

る。第1位相シフト回路26aは、入力インターフェース20aを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで  $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$  で表される第1位相シフト信号とする。第1加算回路26bは、その第1位相シフト信号と、入力インターフェース20bを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1余弦振幅信号とを加算することで、 $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta + KE \sin(\omega t) \cos \theta = KE \cos(\omega t) \sin \theta + KE \sin(\omega t) \cos \theta = KE \sin(\omega t + \theta)$  で表される第1交番信号とする。すなわち、第1レゾルバ21と第1信号処理部26は、励磁信号として正弦波信号が入力されることで、第1シャフト3の回転角 $\theta$ の変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第1交番信号を出力する第1交番信号出力手段を構成する。

#### 【0022】

第2信号処理部27は、第2位相シフト回路27aと第2加算回路27bを有する。第2位相シフト回路27aは、入力インターフェース20cを介して第2レゾルバ22から送られる上記第2正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで  $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta)$  で表される第2位相シフト信号とする。第2加算回路27bは、その第2位相シフト信号と、入力インターフェース20dを介して第2レゾルバ22から送られる上記第2余弦振幅信号とを加算することで、 $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta) = KE \cos(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta) = KE \sin(\omega t + \theta + \Delta \theta)$  で表される第2交番信号とする。すなわち、第2レゾルバ22と第2信号処理部27は、励磁信号として正弦波信号が入力されることで、第2シャフト4の回転角 $\theta + \Delta \theta$ の変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第2交番信号を出力する第2交番信号出力手段を構成する。

#### 【0023】

第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、第1レゾルバ21と第2レゾルバ22は相対配置されている。

**【0024】**

出力信号処理部 28 は、第 1 ロジック信号変換回路 28 a と、第 2 ロジック信号変換回路 28 b と、PWM 処理回路 28 c を有する。

**【0025】**

第 1 ロジック信号変換回路 28 a は上記第 1 交番信号を第 1 ロジック信号に変換する。第 1 ロジック信号は第 1 交番信号と周波数が等しい H と L の 2 値の方形波で表される。第 2 ロジック信号変換回路 28 b は上記第 2 交番信号を第 2 ロジック信号に変換する。第 2 ロジック信号は第 2 交番信号と周波数が等しい H と L の 2 値の方形波で表される。第 1 交番信号と第 2 交番信号の位相差は第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差に等しくされる。

**【0026】**

PWM 処理回路 28 c は、その第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の排他的論理和 (E X O R) に対応する PWM 信号を出力する。本実施形態では、その PWM 信号から求められる PWM デューティが第 1、第 2 シャフト 3、4 による伝達トルクに対応する値として用いられる。すなわち、図 4 (1) は伝達トルクが零の場合における第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 と PWM 処理回路 28 c から出力される PWM 信号 S 3 を示す。この場合、 $\Delta \theta = 0$  で第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 の位相差は  $\pi/2$  となり、PWM デューティは 50% になる。図 4 (2) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により一方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 と PWM 信号 S 3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 の位相差は  $\pi/2 + \Delta \theta$  ( $\Delta \theta > 0$ ) となり、伝達トルクが大きい程に PWM デューティが 50% よりも大きくなる。図 4 (3) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により他方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 と PWM 信号 S 3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 の位相差は  $\pi/2 + \Delta \theta$  ( $\Delta \theta < 0$ ) となり、伝達トルクが大きい程に PWM デューティが 50% よりも小さくなる。

**【0027】**

第 1 交番信号の位相変化は第 1 シャフト 3 の回転角変化に対応し、第 2 交番信号

の位相変化は第2シャフト4の回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は、第1シャフト3と第2シャフト4の回転角差に対応する伝達トルクに対応する。その第1交番信号と第2交番信号の位相差は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差に等しいことから、第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の排他的論理和に対応するPWM信号S3は、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化することで波形が変化する位相差対応信号になる。そのPWM信号S3が第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する信号として用いられることで、上記PWMデューティが第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する値となる。

#### 【0028】

波形歪み検出部29は、第1交番信号の波形歪みに応じて変化する第1歪み指標値を求める手段として第1歪み指標値演算部29Aを有し、第2交番信号の波形歪みに応じて変化する第2歪み指標値を求める手段として第2歪み指標値演算部29Bを有する。

#### 【0029】

図5に示すように、第1歪み指標値演算部29Aは、第1交番信号の値が零から立ち上がる時点のゼロクロス検出回路29aと、第1交番信号の積分回路29bと、第1交番信号の積分値が零から立ち上がる時点のゼロクロス検出回路29cと、第1交番信号の値が零になる時点から第1交番信号の積分値が零になる時点までの時間を第1歪み指標値として両検出回路29a、29cの検出信号に基づき求める時間計測回路29dとを有する。第2歪み指標値演算部29Bは、第2交番信号の値が零から立ち上がる時点のゼロクロス検出回路29eと、第2交番信号の積分回路29fと、第2交番信号の積分値が零から立ち上がる時点のゼロクロス検出回路29gと、第2交番信号の値が零になる時点から第2交番信号の積分値が零になる時点までの時間を第2歪み指標値として両検出回路29e、29fの検出信号に基づき求める時間計測回路29hとを有する。

#### 【0030】

各シャフト3、4の回転角変化に応じた各交番信号の位相変化に誤差がなければ

、図6において実線で示すように各交番信号Sは正弦波形を有する。各レゾルバ21、22のレゾルバロータ21a、22aの振れ回り等による検出誤差により、各交番信号における位相変化が各シャフト3、4の回転角変化に正確に対応しない場合、例えば図6において破線で示すように各交番信号Sの波形は歪む。各交番信号Sに波形歪みを生じた場合、各交番信号Sの値が零になる時点から極大値になる時点までの時間は波形歪みのない場合から変化する。よって、図7において各交番信号Sの値が零になる時点t aから極大値になる時点t bまでの時間は、その値が零になる時点t aから図7において2点鎖線で示す各交番信号の積分値に対応する余弦波S'の値が零になる時点t bまでの時間t 1に対応する。すなわち、各交番信号の波形歪みに応じて各歪み指標値は変化し、各歪み指標値により波形歪みの程度を表すことができ、各歪み指標値を汎用部品を用いて容易に求めることができる。

#### 【0031】

求められた第1歪み指標値と第2歪み指標値との差が偏差演算部29Cにおいて求められ、その差が偏差演算部30において第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する値となる上記PWMデューティから差し引かれる。これにより、位相差対応信号から求められる伝達トルクに対応する値が第1歪み指標値と前記第2歪み指標値との差に対応する値だけ補正する手段が構成されている。

#### 【0032】

本実施形態では、第1、第2シャフト3、4の伝達トルクに応じた操舵補助力を、予め定められて記憶した補正後のPWMデューティと操舵補助力との関係から演算し、その演算した操舵補助力を発生するように操舵補助力発生用電動アクチュエータ（図示省略）を制御する。その操舵補助力発生用電動アクチュエータは公知のものを用いることができ、例えば、電動モータにより発生する操舵補助力を減速ギヤ機構を介してステアリングシャフトに伝達するものを用いることができる。

#### 【0033】

上記実施形態のトルクセンサ1によれば、第1シャフト3の回転角と第2シャフト4の回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直

接的に求めることができる。よって、トルクを求めるために従来のように正弦波信号や余弦波信号の出力値を直接個別に取り込む必要がなく、信号処理のための負荷を低減でき、非線形な要素をなくすることができる。

さらに、第1交番信号における位相変化が誤差により第1シャフト3の回転角変化に正確に対応せず、また、第2交番信号における位相変化が誤差により第2シャフト4の回転角変化に正確に対応しなくても、両誤差の差の影響を受けることなく両シャフト3、4による伝達トルクに対応する値を求めることができる。すなわち、第1交番信号における位相変化に誤差を生じた場合、その誤差は第1交番信号の波形の歪みとなって表れ、また、第2交番信号における位相変化に誤差を生じた場合、その誤差は第2交番信号の波形の歪みとなって表れる。よって、第1交番信号の波形歪みに応じて変化する第1歪み指標値と第2交番信号の波形歪みに応じて変化する第2歪み指標値との差は、第1交番信号における位相変化の誤差と第2交番信号における位相変化の誤差との差に対応する。それゆえ、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差に対応する位相差対応信号から求められる伝達トルクに対応する値を、第1歪み指標値と第2歪み指標値との差に対応する値だけ補正することで、両誤差の差の影響を打ち消すことができる。

#### 【0034】

また、上記実施形態では第1、第2交番信号を、レゾルバ21、22、位相シフト回路26a、27a、加算回路26b、27bという汎用部品を用いて出力することができる。さらに、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路28a、28bと、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成するPWM処理回路28cという汎用部品を用いて出力することができる。

#### 【0035】

図8、図9の(1)、(2)、(3)は制御装置20の変形例を示す。上記実施形態との相違は、第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が零になるように第1レゾルバ21と第2レゾルバ22は相対配置されている。出力信号処理部28'は、第1ロジッ

ク信号変換回路 28 a から出力される第 1 ロジック信号の立ち上がり時点検出回路 28 d と、第 2 ロジック信号変換回路 28 b から出力される第 2 ロジック信号の立ち下がり時点検出回路 28 e を有する。PWM 処理回路 28 c' として、第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の排他的論理和に対応する PWM 信号を出力する回路に代えて、SR (セトリセット) フリップフロップを有する。第 1 ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号は PWM 処理回路 28 c' を構成するフリップフロップの S 端子に入力され、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号はその R 端子に入力される。これにより、PWM 処理回路 28 c' から PWM 信号が出力される。その PWM 信号の PWM デューティが第 1、第 2 シャフト 3、4 による伝達トルクに対応する。

#### 【0036】

すなわち、図 9 (1) は伝達トルクが零の場合における第 1 ロジック信号 S1 と第 2 ロジック信号 S2 と PWM 処理回路 28 c' から出力される PWM 信号 S3 と立ち上がり時点検出信号 S4 と立ち下がり時点検出信号 S5 を示す。この場合は  $\Delta\theta = 0$  で、第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は零となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間  $t_1$  は、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点から第 1 ロジック信号の立ち上がり時点までの時間  $t_2$  に等しいので、PWM デューティは 50% になる。図 9 (2) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により一方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S1 と第 2 ロジック信号 S2 と PWM 信号 S3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は  $\Delta\theta (>0)$  となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間  $t_1$  は、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点から第 1 ロジック信号の立ち上がり時点までの時間  $t_2$  よりも長いので、伝達トルクが大きい程に PWM デューティが 50% から大きくなる。図 9 (3) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により他方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S1 と第 2 ロジック信号 S2 と PWM 信号 S3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は  $\Delta\theta (<0)$  となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間  $t_1$  は、第 2 ロジック信号の立ち下が



り時点から第1ロジック信号の立ち上がり時点までの時間  $t_2$  よりも短いので、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%から小さくなる。これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路28a、28bと、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路28d、28eと、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成するSRフリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。他は上記実施形態と同様で同一部分は同一符号で示す。なお、PWM処理回路28c'を構成するSRフリップフロップのS端子に第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号が入力され、R端子に第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号が入力されてもよい。これによりPWM処理回路28c'は、第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一方が立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を上記位相差対応信号として出力する。

#### 【0037】

本発明は上記実施形態や変形例に限定されない。

例えば、上記実施形態と変形例では第1、第2レゾルバ21、22から出力される第1、第2正弦振幅信号を位相シフトした第1、第2位相シフト信号それぞれを、第1、第2余弦振幅信号に加算することで第1、第2交番信号を出力したが、第1、第2レゾルバ21、22から第1、第2交番信号を直接に出力してもよい。すなわち、第1レゾルバステータ21bの2相の捲線に  $E \sin(\omega t)$  と  $E \cos(\omega t)$  で表される励磁信号を入力することで、第1レゾルバロータ21aの捲線から  $KE \sin(\omega t + \theta)$  で表される第1交番信号を出力し、第2レゾルバステータ22bの2相の捲線に  $E \sin(\omega t)$  と  $E \cos(\omega t)$  で表される励磁信号を入力することで、第2レゾルバロータ22aの捲線から  $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta \theta)$  で表される第2交番信号を出力してもよい。この場合、各交番信号出力手段として上記実施形態における第1信号処理部26と第2信号処理部27は不要である。これにより第1、第2交番信号を汎用部品であるレゾルバ21、22を用いて出力することができ、構成をより簡単化できる。

**【0038】**

また図10に示すように、第1位相シフト回路26aと第2位相シフト回路27aに位相シフト量の調節手段が設けられてもよい。すなわち、各位相シフト回路26a、27aにおいては、正弦振幅信号が抵抗R1を介して演算増幅器OPの反転入力端子に入力され、コンデンサCを介して演算増幅器OPの非反転入力端子に入力され、演算増幅器OPの出力端子は抵抗R2を介して接地され、演算増幅器OPから出力される位相シフト信号は抵抗R3を介して負帰還され、そのコンデンサCと演算増幅器OPの間は可変抵抗R4を介して接地されている。その可変抵抗R4の抵抗値を変更することで、正弦振幅信号の位相シフト量を調節することが可能とされている。これにより、第1または第2の正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトする際における位相シフト量の誤差をなくす事が可能になる。

**【0039】**

さらに、上記実施形態や変形例では出力信号処理部28、28'から出力されるPWM信号のPWMデューティを伝達トルクに対応する値として用いているが、PWM信号の時間積分値を伝達トルクに対応する値として用いてもよい。

**【0040】****【発明の効果】**

本発明によれば、分解能の高い高精度のトルクセンサを低コストで提供することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】** 本発明の実施形態のトルクセンサの断面図

**【図2】** 本発明の実施形態のトルクセンサにおける(1)は第1正弦振幅信号を示す図、(2)は第1余弦振幅信号を示す図

**【図3】** 本発明の実施形態のトルクセンサにおける信号処理部の構成を示す図

**【図4】** 本発明の実施形態のトルクセンサにおける(1)は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、(2)は一方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、(3)は他方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図

【図 5】 本発明の実施形態のトルクセンサにおける波形歪み検出部の構成を示す図

【図 6】 本発明の実施形態のトルクセンサにおける各交番信号の波形を示す図

【図 7】 本発明の実施形態のトルクセンサの作用説明図

【図 8】 本発明の変形例のトルクセンサにおける信号処理部の構成を示す図

【図 9】 本発明の変形例のトルクセンサにおける（１）は伝達トルクが零の場合における第１ロジック信号と第２ロジック信号と P W M 信号と立ち上がり時点検出信号と立ち下がり時点検出信号を示す図、（２）は一方向にトルクが伝達される場合における第１ロジック信号と第２ロジック信号と P W M 信号を示す図、（３）は他方向にトルクが伝達される場合における第１ロジック信号と第２ロジック信号と P W M 信号を示す図

【図 10】 本発明の変形例のトルクセンサにおける位相シフト回路の構成を示す図

【符号の説明】

3 第１シャフト

4 第２シャフト

21 第１レゾルバ（第１検出器）

22 第２レゾルバ（第２検出器）

26 第１信号処理部

27 第２信号処理部

27a 第２位相シフト回路

27b 第２加算回路

28、28' 出力信号処理部

29 波形歪み検出部

29A 第１歪み指標値演算部

29B 第２歪み指標値演算部

29C 偏差演算部

29a、29c、29e、29g ゼロクロス検出回路

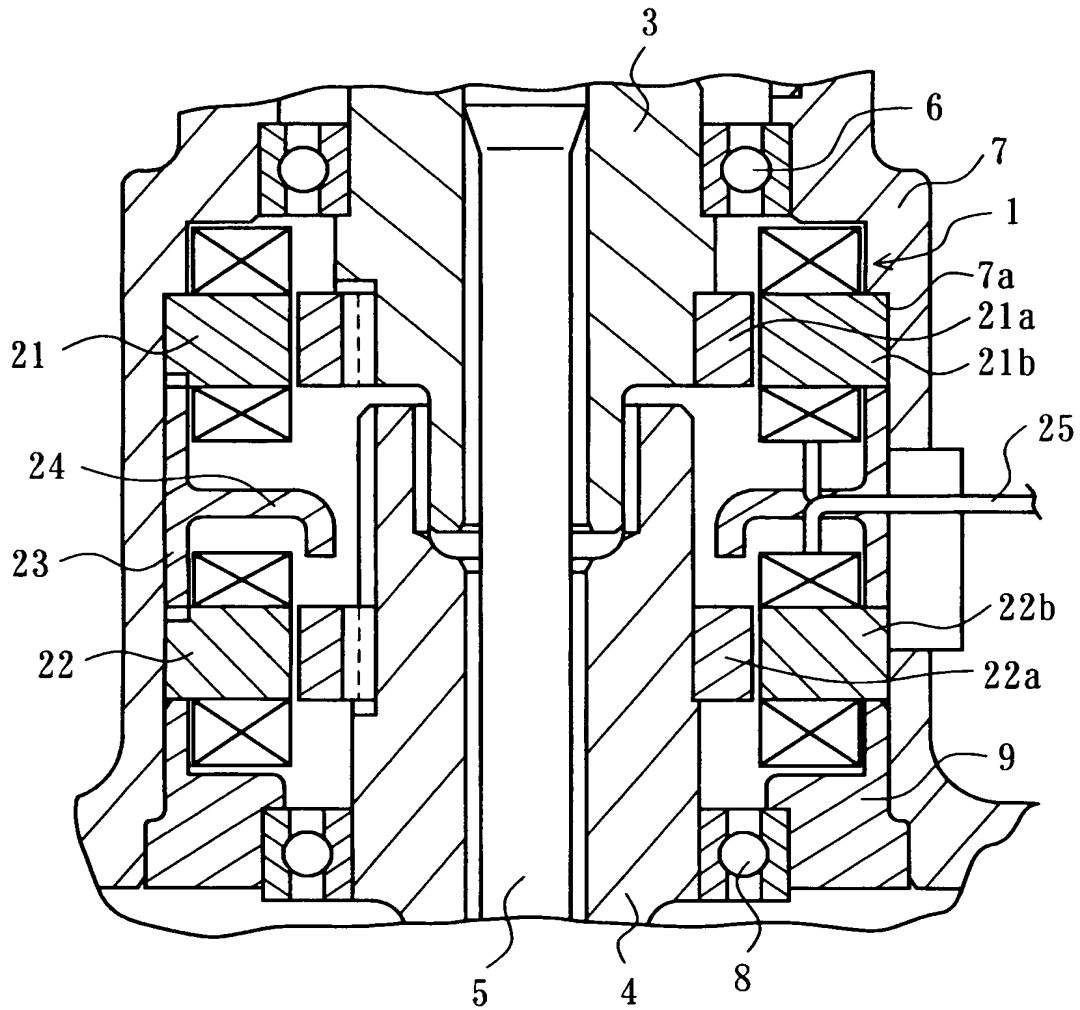
29b、29f 積分回路

2 9 d、2 9 h 時間計測回路

3 0 偏差演算部

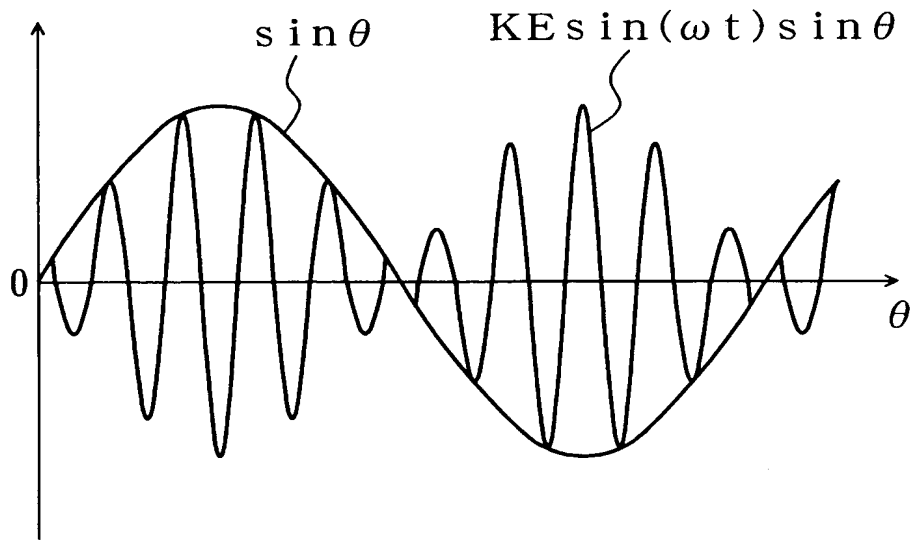
【書類名】 図面

【図 1】

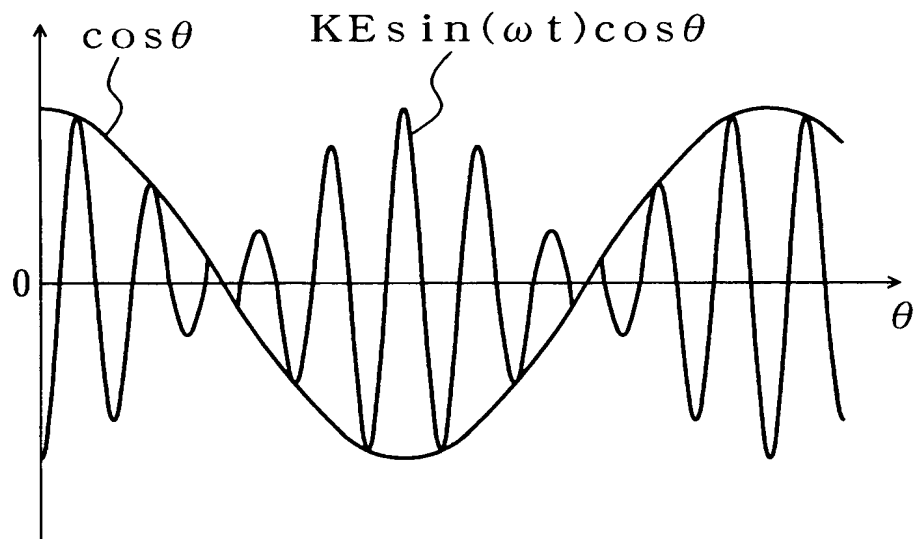


【図 2】

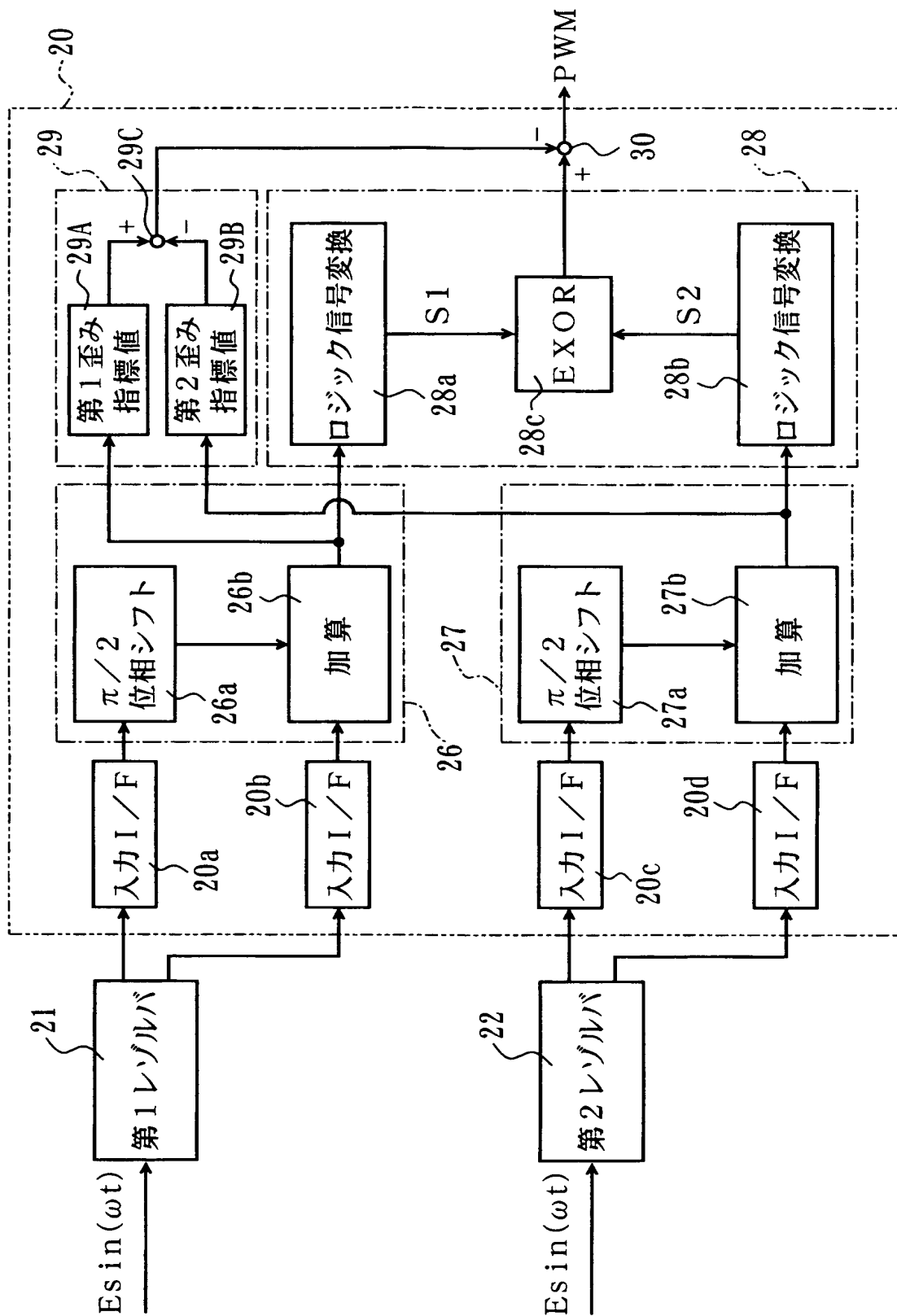
( 1 )



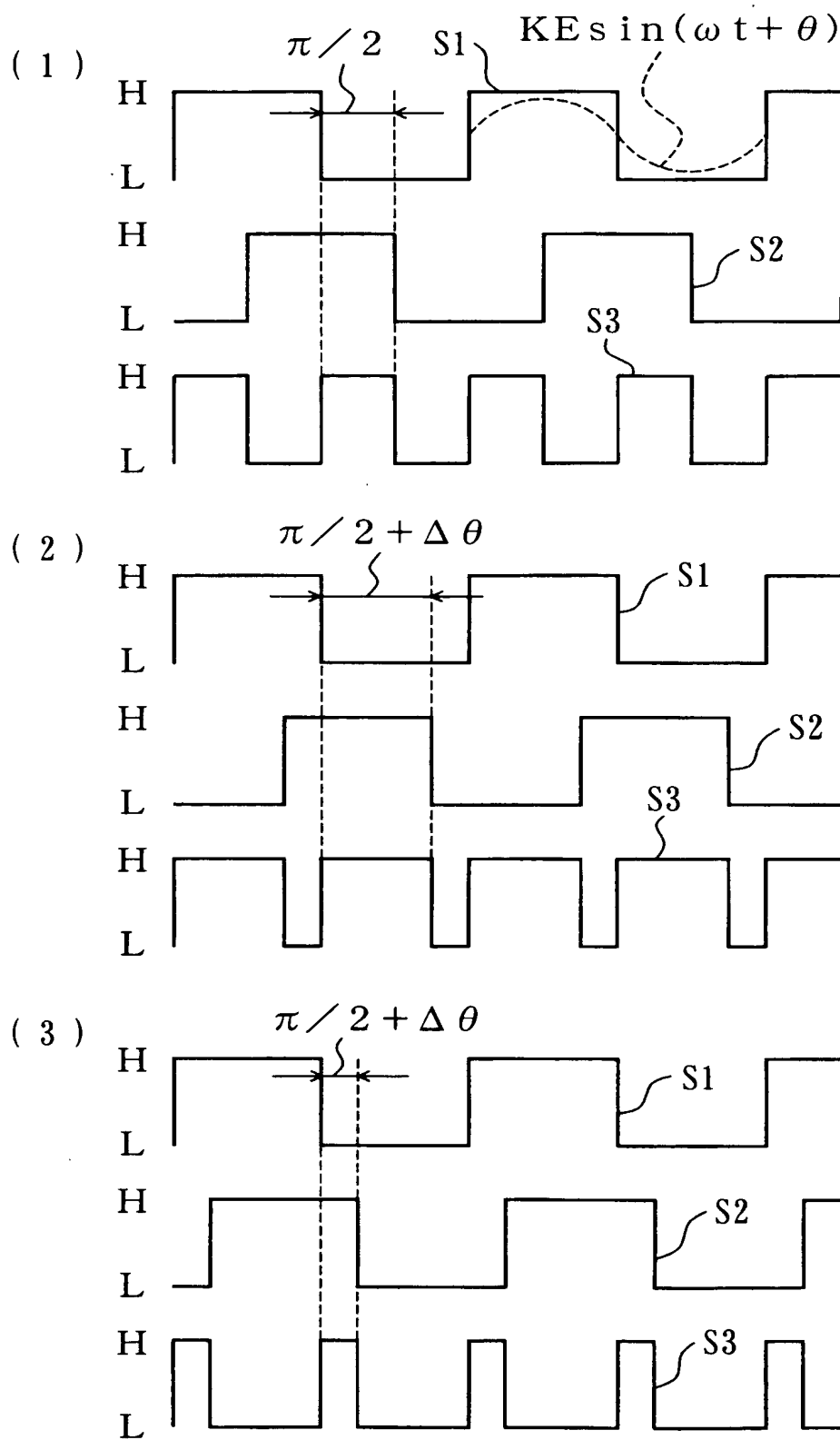
( 2 )



【図 3】

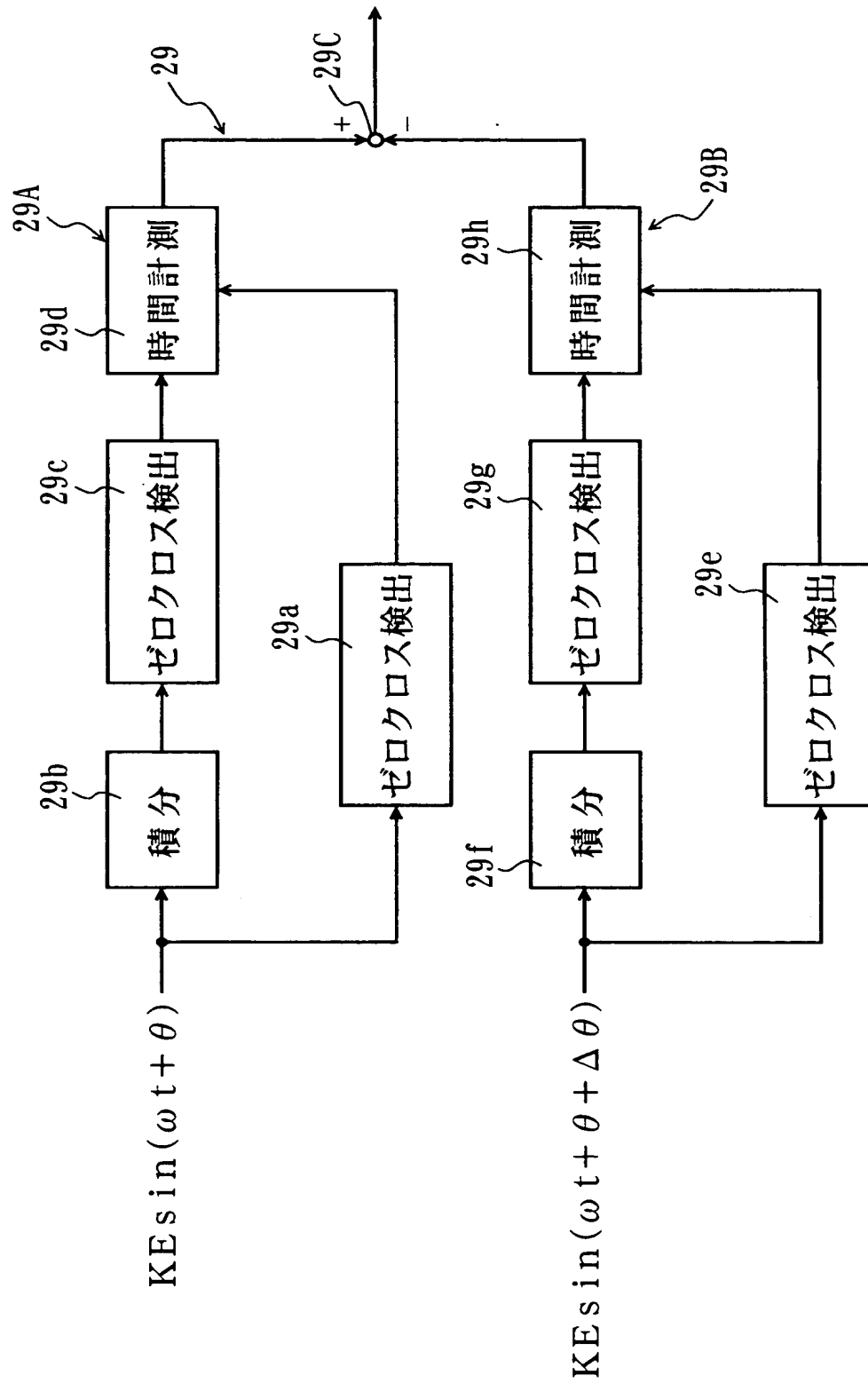


【図 4】

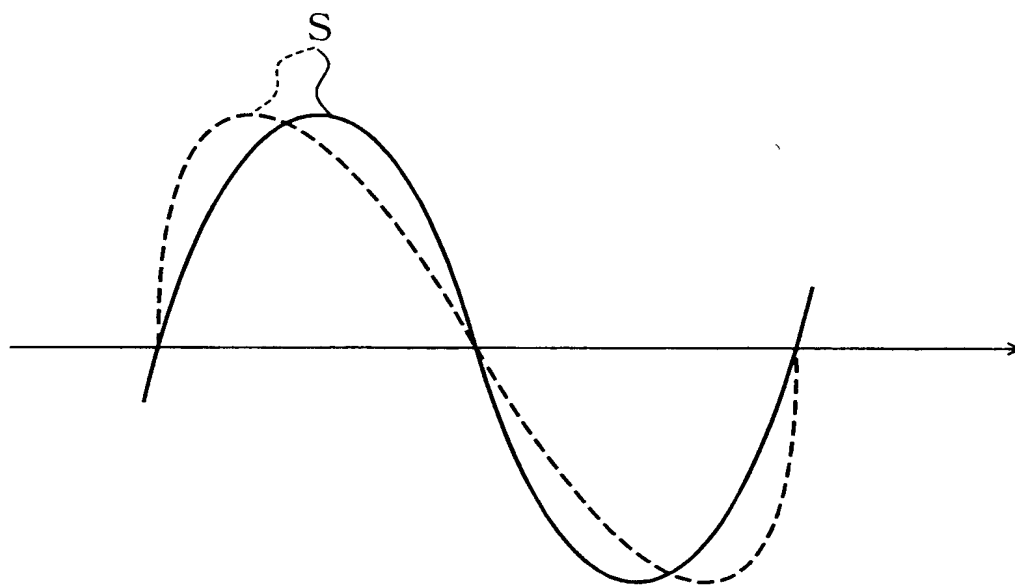




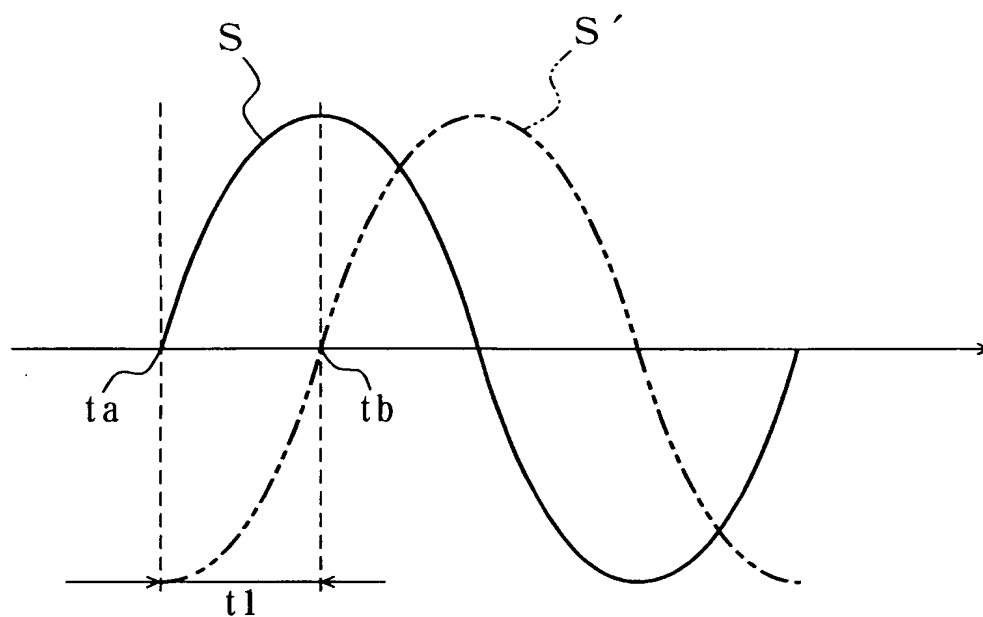
【図 5】



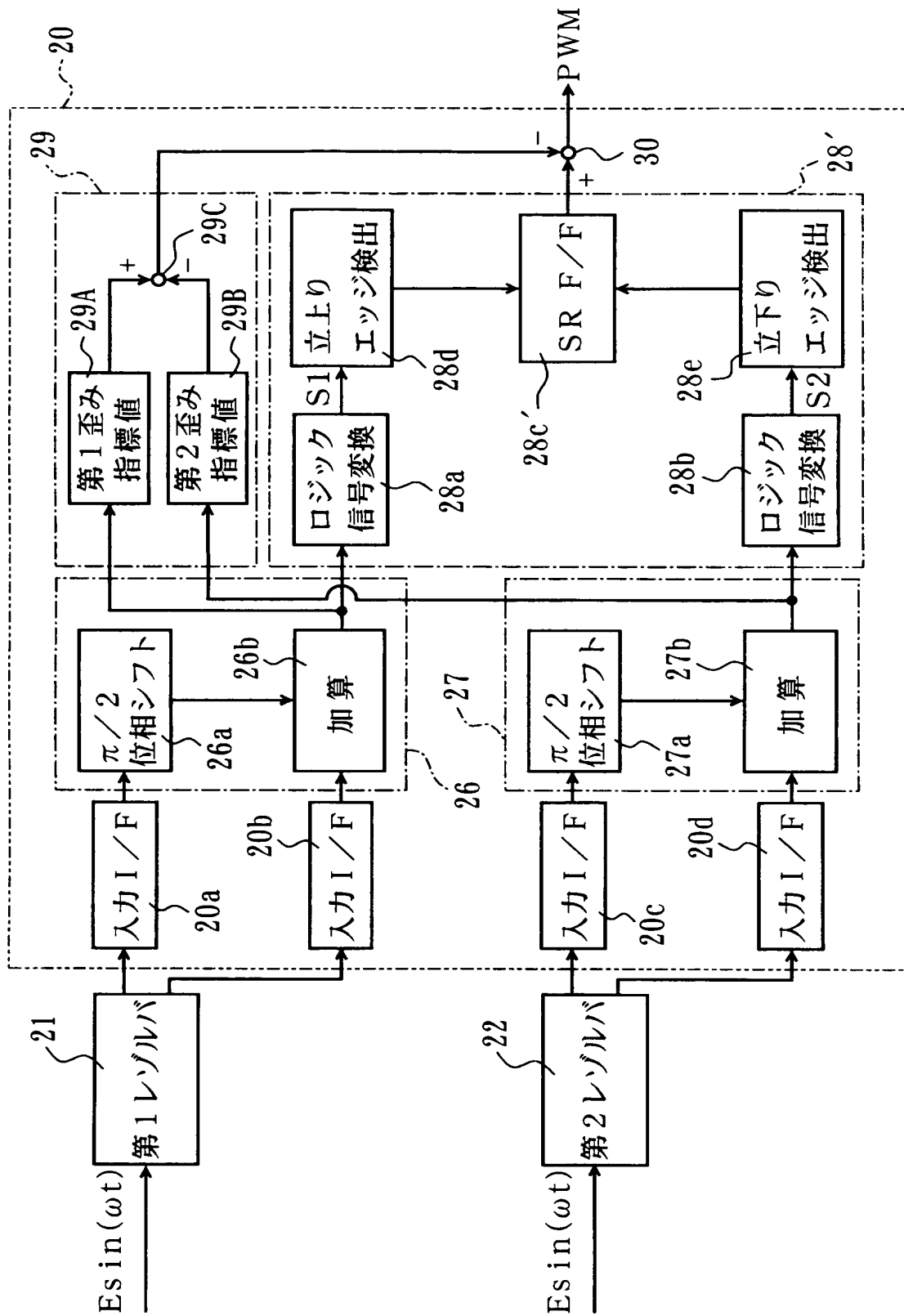
【図 6】



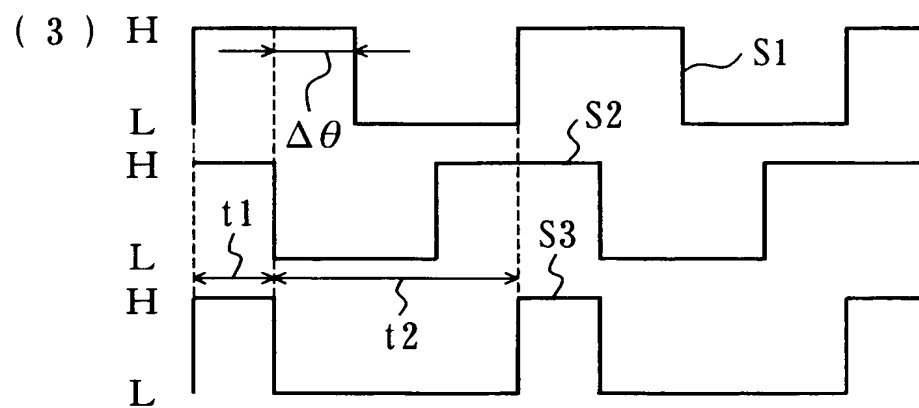
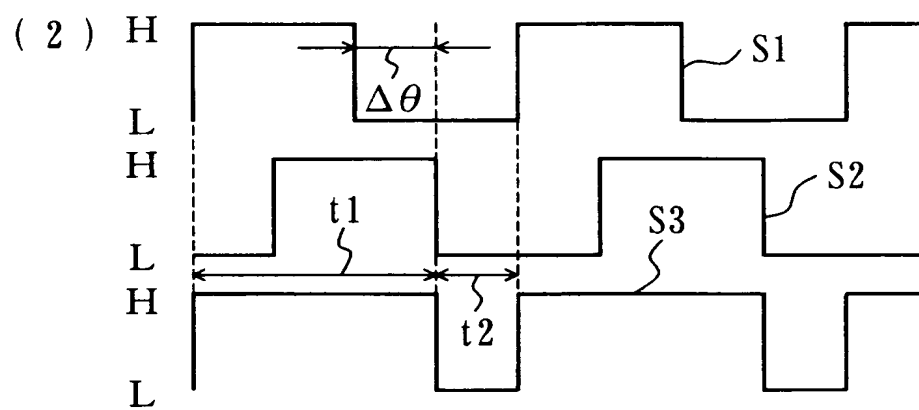
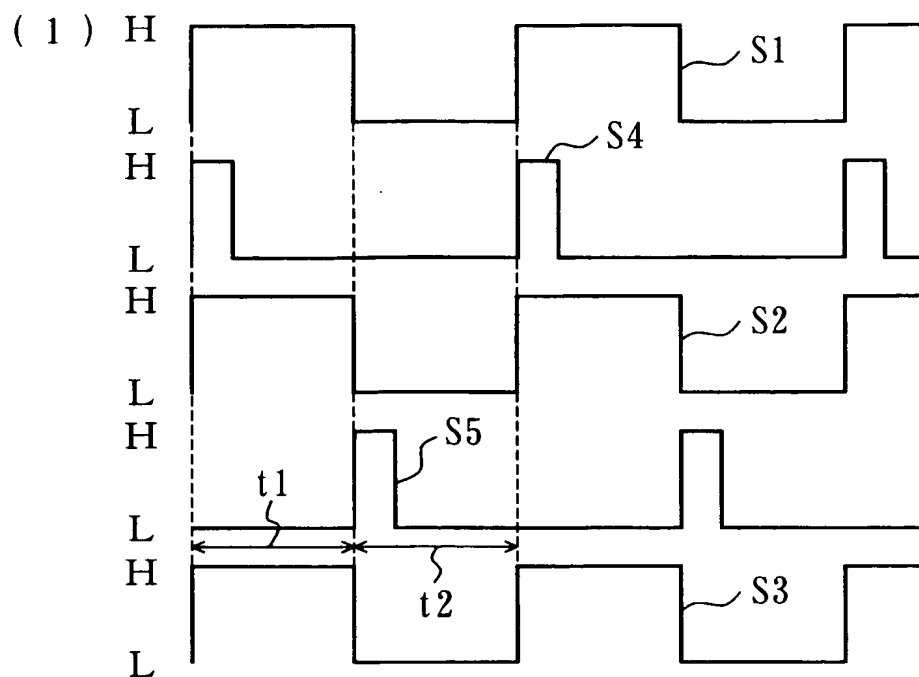
【図 7】



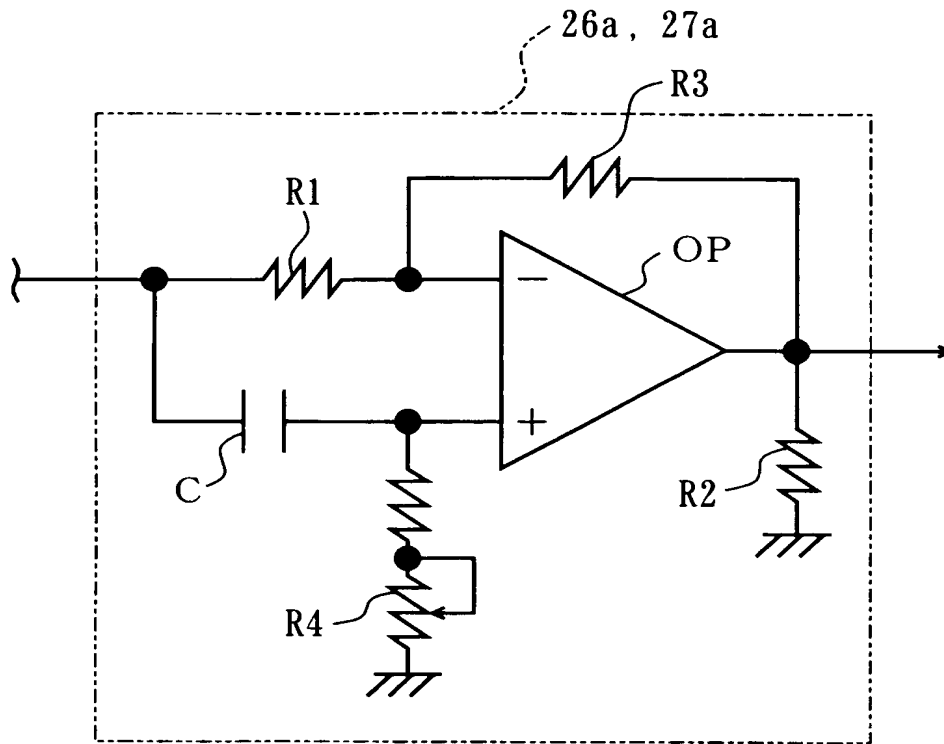
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分解能の高い高精度のトルクセンサを低コストで提供する。

【解決手段】 第 1 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第 1 交番信号と、第 1 シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第 2 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する正弦波形状の第 2 交番信号を出力する。第 1 交番信号と第 2 交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する。位相差対応信号から第 1、第 2 シャフトによる伝達トルクに対応する値を求める。その伝達トルクに対応する値を、第 1 交番信号の波形歪みに応じて変化する第 1 歪み指標値と第 2 交番信号の波形歪みに応じて変化する第 2 歪み指標値との差に対応する値に基づき補正する。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 0 9 9 4 8 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 2 4 7 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中心区南船場 3 丁目 5 番 8 号
氏 名	光洋精工株式会社